



DEUTSCHES
PATENTAMT

71 Anmelder:

Stiftung für Lasertechnologien in der Medizin an der
Universität Ulm, 89081 Ulm, DE

74 Vertreter:

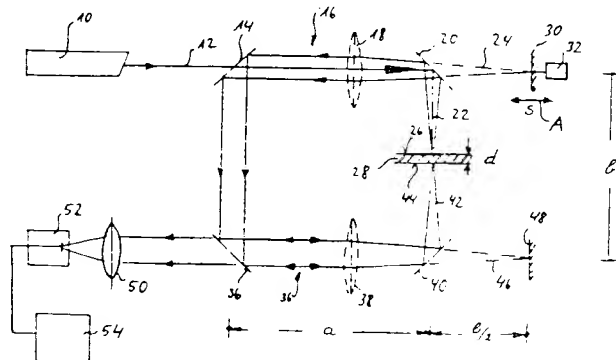
Schaumburg, K., Dipl.-Ing.; Thoenes, D., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat.; Thurn, G., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 81679 München

72 Erfinder:

Steiner, Rudolf, Prof. Dr.rer.nat., 89081 Ulm, DE

54 Verfahren und Vorrichtung zur optischen Messung des Abstandes zweier paralleler Meßflächen

57 Ein Verfahren zur optischen Messung des gegenseitigen Abstandes zweier zueinander im wesentlichen paralleler Meßflächen (26, 44) eines Gegenstandes (28) durch Streulichtinterferenz mit Licht kurzer Kohärenzlänge ist dadurch gekennzeichnet, daß ein von einer Lichtquelle (10) ausgehender Lichtstrahl in einen Meßstrahl und einen Referenzstrahl unterteilt wird, daß der Meßstrahl auf eine erste Meßfläche (26) gerichtet und der an der ersten Meßfläche (26) gestreute Meßstrahl anschließend auf die zweite Meßfläche (44) gerichtet wird, daß der Referenzstrahl an mindestens einem Reflexionselement (30) in sich reflektiert und anschließend mit dem an der zweiten Meßfläche (44) gestreuten Meßstrahl wieder vereinigt wird, worauf der vereinigte Strahl auf einen Strahldetektor (52) gelenkt wird, wobei die Länge des Referenzstrahles zwischen dem Strahlteilungspunkt (20) und dem Strahlvereinigungspunkt (40) in einer Nullstellung des Reflexionselementes (30) gleich der Länge des Meßstrahles zwischen diesen Punkten zuzüglich dem Wert des zu messenden Abstandes ist, und daß das Reflexionselement (30) um seine Nullstellung parallel zur Einfallsrichtung des Referenzstrahles periodisch hin- und herbewegt wird.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Messung des gegenseitigen Abstandes zweier zueinander im wesentlichen paralleler Meßflächen eines Gegenstandes durch Streulichtinterferenz mit Licht kurzer Kohärenzlänge sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Beispielsweise bei der Blechherstellung tritt das Problem auf die Blechdicke der kontinuierlich durchlaufenden Blechbahn auf Mykrometer genau zu messen. Dabei sollen störende Einflüsse wie Erwärmung, Lage und Flatterbewegungen des Bleches vermieden oder kompensiert werden.

Mit Hilfe eines eingangs genannten Verfahrens wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß ein von einer Lichtquelle ausgehender Lichtstrahl in einen Meßstrahl und einen Referenzstrahl unterteilt wird, daß der Meßstrahl auf eine erste Meßfläche gerichtet und der an der ersten Meßfläche gestreute Meßstrahl anschließend auf die zweite Meßfläche gerichtet wird, daß der Referenzstrahl an mindestens einem Reflexionselement in sich reflektiert und anschließend mit dem an der zweiten Meßfläche gestreuten Meßstrahl wieder vereinigt wird, worauf der vereinigte Strahl auf einen Strahldetektor gelenkt wird, wobei die Länge des Referenzstrahles zwischen dem Strahlteilungspunkt und dem Strahlvereinigungspunkt in einer Nullstellung des Reflexionselementes gleich der Länge des Meßstrahles zwischen diesen Punkten zuzüglich dem Wert des zu messenden Abstandes ist, und daß das Reflexionselement um seine Nullstellung parallel zur Einfallsrichtung des Referenzstrahles periodisch hin- und herbewegt wird.

Bei interferometrischen Messungen mit Licht kurzer Kohärenzlänge $< 20 \mu\text{m}$ tritt ein interferometrisches Signal nur dann auf, wenn der Meßstrahlengang und der Referenzstrahlengang so abgestimmt sind, daß ihr Wegunterschied kleiner als die Kohärenzlänge des Lichtes der Lichtquelle ist.

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen wird ein gleichsam ringförmiger Strahlengang geschaffen. An einer Stelle dieses ringförmigen Strahlenganges, nämlich zwischen den beiden Abschnitten des Meßstrahles wird der zu messende Gegenstand angeordnet. Die genaue Lage des zu messenden Gegenstandes zwischen den beiden Abschnitten des Meßstrahles spielt dabei keine Rolle, da es nur auf die Gesamtlänge des Strahlenganges des Meßstrahles ankommt. Daher können Flatterbewegungen einer Blechbahn, deren Dicke gemessen werden soll, eliminiert werden. Temperatureinflüsse heben sich ebenfalls heraus, da sie gleichmäßig den Meß- und den Referenzstrahlengang betreffen.

Bei der Messung der Dicke eines Blechbandes ist diese Dicke im wesentlichen bekannt. Es dreht sich nur darum, Abweichungen von der gewünschten Dicke feststellen zu können. Daher können der Referenzstrahlengang und der Meßstrahlengang vor Beginn einer Messung auch für beliebige Blechdicken voreingestellt werden. Es werden anschließend nur die Abweichungen der Blechdicke von diesem Festwert gemessen. Damit braucht das Reflexionselement nur über eine sehr geringe Strecke bewegt zu werden, um eine Abstimmung zwischen dem Meßstrahl und dem Referenzstrahl zu erzielen. Dies wiederum ermöglicht eine sehr rasche Hin- und Herbewegung des Reflexionselementes.

Durch diese Hin- und Herbewegung wird die Länge des Referenzstrahles auf die Länge des Meßstrahles abgestimmt. Bei Abstimmung im Bereich der Kohärenz-

länge erfolgt ein "Dopplerburst", dessen Frequenz von der Bewegungsgeschwindigkeit des Reflexionselementes bestimmt wird. Da das Detektorsystem nur auf diese Frequenz abgestimmt zu werden braucht, ergibt sich ein exzellentes Signal/Rausch-Verhältnis.

Theoretisch liegt die Meßgenauigkeit bei der Messung mit Licht der oben angegebenen Kohärenzlänge unterhalb von $1 \mu\text{m}$.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens mit einer Lichtquelle zur Erzeugung von Licht kurzer Kohärenzlänge, einer Fotodetektoranordnung und einer Auswerteeinheit. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist in der Weise ausgebildet, daß sie einen sich an

die Lichtquelle anschließenden ersten Meßzweig und einen mit der Detektoranordnung verbundenen zweiten Meßzweig umfaßt, dessen Abstand von dem ersten Meßzweig größer als der gegenseitige Abstand der beiden Meßflächen ist, daß jeder Meßzweig einen Strahlteiler zum Teilen des auf ihn einfallenden Lichtstrahles in einen zum Einfall auf die jeweilige Meßfläche bestimmten Meßstrahl und einen Referenzstrahl sowie ein Reflexionselement zum Reflektieren des jeweiligen Referenzstrahles umfaßt, wobei der Strahlengang für den Meßstrahl und den Referenzstrahl jeweils so gewählt ist, daß der Meßstrahl und der Referenzstrahl nach der Streuung bzw. Reflexion an der Meßfläche bzw. dem Reflexionselement im Strahlteiler wieder vereinigt werden, daß eine Strahlumlenkeinrichtung vorgesehen ist, um den aus dem Strahlteiler des ersten Meßzweiges austretenden vereinigten Strahl dem zweiten Meßzweig zuzuführen, daß die Strahlteiler und die Reflexionselemente beider Meßzweige und die Strahlumlenkeinrichtung relativ zueinander so angeordnet bzw. ausgebildet sind, daß die Länge des Referenzstrahles zwischen dem Teilungspunkt im Strahlengang des ersten Meßzweiges und dem Vereinigungspunkt im Strahlengang des zweiten Meßzweiges gleich der Länge des Meßstrahles zwischen diesen Punkten zuzüglich des Abstandes zwischen den Meßflächen ist, und daß eines der Reflexionselemente parallel zur Richtung des auf es einfallenden Referenzstrahles mittels eines Antriebs periodisch hin- und herbewegbar ist. Wird die erfindungsgemäße Vorrichtung in der oben beschriebenen Weise zum Messen der Stärke eines Blechbandes oder dergleichen eingesetzt, so können die beiden Meßzweige zusammen mit dem für die Strahlumlenkung vorgesehenen Bereich C-förmig angeordnet sein. Die Vorrichtung kann so über den Rand der zu vermessenden Bahn geschoben werden, daß ein Meßzweig oberhalb und ein Meßzweig unterhalb der Bahn liegt, wobei die gegen Oberseite und Unterseite der zu vermessenden Bahn gerichteten Abschnitte des Meßstrahles in den beiden Meßzweigen kollinear zueinander und im wesentlichen senkrecht zur jeweiligen Meßfläche gerichtet sind.

Die Strahlumlenkeinrichtung kann zwei halbdurchlässige Spiegel umfassen, die in den Strahlengängen der beiden Meßzweige so angeordnet sind, daß der aus dem ersten Meßzweig austretende Strahl zum zweiten Meßzweig umgelenkt wird.

Um das Meßlicht möglichst vollständig nutzen zu können, ist es zweckmäßig, wenn im Strahlengang jedes Meßzweiges eine Fokussierungseinrichtung angeordnet ist, um den Meßstrahl und den Referenzstrahl auf die jeweilige Meßfläche bzw. das jeweilige Reflexionselement zu fokussieren.

Wenn gemäß der oben beschriebenen Lösung Referenzstrahl und Meßstrahl auf die jeweilige Dicke des zu

messenden Gegenstandes voreingestellt werden, genügt es, das Reflexionselement um sehr kleine Strecken zu bewegen, die im Bereich der Kohärenzlänge des Lichtes liegen. In diesem Falle kann der Antrieb für das bewegte Reflexionselement von einem piezoelektrischen Schwinger gebildet sein, mit dem das Reflexionselement gekoppelt ist. Damit läßt sich auf sehr einfache und doch präzise Weise das Reflexionselement mit hoher Frequenz hin- und herbewegen.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann zumindest ein Teil des freien Strahlenganges in der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch durch Lichtleiter, das heißt Monomodefasern oder Multimodefasern geringen Durchmessers (z. B. $< 100 \mu\text{m}$) ersetzt werden, die mit geeigneten Koppellementen zum Ein- und Ausblenden von Meßstrahl und Referenzstrahl sowie zum Teilen und Zusammenführen dieser Strahlen verbunden sind.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, welche in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

In Fig. 1 erkennt man eine Lichtquelle 10, beispielsweise einen Laser, der Licht kurzer Kohärenzlänge zwischen 10 und $50 \mu\text{m}$ erzeugt. Der von dem Laser 10 ausgehende parallele Gesamtstrahl 12 gelangt über einen ersten teildurchlässigen Spiegel 14 in einen allgemeinen mit 16 bezeichneten ersten Meßzweig. In diesem wird der Strahl 12 nach dem Durchtritt durch eine Fokussierungslinse 18 durch einen als Strahlteiler wirkenden halbdurchlässigen Spiegel 20 in einen Meßstrahlabschnitt 22 und einen Referenzstrahlabschnitt 24 unterteilt. Der Meßstrahlabschnitt 22 fällt von dem Strahlteiler 20 im wesentlichen senkrecht auf eine erste Meßfläche 26 eines Gegenstandes 28, dessen Dicke d gemessen werden soll. Beispielsweise handelt es sich bei einem solchen Gegenstand um eine kontinuierliche Blechbahn, deren Dicke bei der Herstellung überwacht werden soll.

Der Referenzstrahlabschnitt 24 tritt durch den Strahlteiler 20 hindurch und wird auf einen Spiegel 30 fokussiert, der mittels eines Antriebes 32 in Richtung des Doppelpfeiles A periodisch hin- und herbewegbar ist.

Der an der ersten Meßfläche 26 reflektierte oder gestreute Meßstrahlabschnitt 22 und der an dem Spiegel 30 reflektierte oder gestreute Referenzstrahlabschnitt 24 werden jeweils im Strahlteiler 20 wieder vereinigt und werden von dem Strahlteiler 20 durch die Fokussierungslinse 18 auf den Spiegel 14 gelenkt, der den vereinigten Strahl rechtwinklig in Richtung auf einen zweiten Meßzweig 34 der Meßvorrichtung umlenkt. Dieser umfaßt wie der erste Meßzweig 16 einen teildurchlässigen Umlenkspiegel 36, eine Fokussierungslinse 38 und einen als Strahlteiler wirkenden teildurchlässigen Spiegel 40, der einen Meßstrahlabschnitt 42 in Richtung auf eine zweite Meßfläche 44 des Gegenstandes 28 und einen Referenzstrahlabschnitt 46 in Richtung auf einen feststehenden Spiegel 48 richtet. Der an der zweiten Meßfläche reflektierte oder gestreute Meßstrahlabschnitt 42 und der an dem feststehenden Spiegel 48 reflektierte Referenzstrahlabschnitt 46 werden in dem Strahlteiler

40 wieder vereinigt und fallen anschließend durch die Fokussierungslinse 38, den teildurchlässigen Spiegel 36 und eine weitere Fokussierungslinse 50, welche den aus der Fokussierungslinse 38 austretenden parallelen Lichtstrahl wieder bündelt, auf eine Detektoranordnung 52. Das von dieser Detektoranordnung 52 erzeugte Signal wird in einer Auswerteeinheit 54 verarbeitet.

Wie der Darstellung in Fig. 1 entnommen werden kann, erhält man zwischen den teildurchlässigen Spiegeln 14, 20, 36, 40 einen ringförmigen Strahlengang mit symmetrischen Abschnitten in den beiden Meßzweigen 16, 34. Wenn der Mittenabstand zwischen den Spiegeln 14, 20 bzw. 36, 40 jeweils mit a und der Mittenabstand zwischen den Spiegeln 14, 36 einerseits und den Spiegeln 20, 40 andererseits jeweils mit b bezeichnet wird, so erhält man für den Gesamtweg des Meßstrahles vom Spiegel 20 (Teilungspunkt) über die erste Meßfläche 26, die Spiegel 20, 14, 36, 40, die zweite Meßfläche 44 bis zum Spiegel 40 (Vereinigungspunkt) die Strecke

$$1^m = 2a + 3b - 2d.$$

Der Abstand zwischen der Mitte des Spiegels 20 und dem Spiegel 30 in der Nullstellung des letzteren sowie der Abstand zwischen der Mitte des Spiegels 40 und dem Spiegel 48 ist jeweils zu $b/2$ gewählt. Dann erhält man für den Gesamtweg des Referenzstrahles zwischen dem obengenannten (Teilungspunkt) und dem obengenannten (Vereinigungspunkt) die Strecke

$$1^r = 2a + 3b \pm 2s$$

wobei s die Strecke bezeichnet, die der Spiegel 30 aus seiner Nulllage durch den Antrieb 32 in der einen oder der anderen Richtung ausgelenkt werden kann. Die Strecke s ist gleich der Dicke des zu messenden Gegenstandes 28, das heißt $s = d$.

Die Frequenz des Referenzstrahles erhält durch die Bewegung des Spiegels 30 eine Dopplerverschiebung. Wenn sich der Meßstrahl und der Referenzstrahl auf dem Detektor 52 überlagern, führen die geringfügig unterschiedlichen Frequenzen von Meßstrahl und Referenzstrahl zu einer Schwebung, deren Frequenz gleich der Frequenzänderung des Referenzstrahls und damit abhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit des Spiegels 30 ist. Ein Signal erhält man allerdings nur, solange die Differenz der vom Referenzstrahl und vom Meßstrahl zurückgelegten Wege kleiner als die Kohärenzlänge des von der Lichtquelle 10 ausgehenden Lichtes ist. Der Ort des periodisch hin- und herbewegten Spiegels 30 und damit die Weglänge des Referenzstrahles sind zu jedem Zeitpunkt bekannt. Durch Auswertung der gemessenen Schwebungsfrequenz in Relation zu der bekannten Position des Spiegels 30 läßt sich eine Längenänderung des Meßstrahles und damit eine Änderung des Abstandes zwischen den Meßflächen 26, 44 ermitteln. Die erreichbare Genauigkeit liegt dabei bei ca. $1 \mu\text{m}$ unter der Voraussetzung, daß Licht mit einer Kohärenzlänge von ca. 10 bis $20 \mu\text{m}$ verwendet wird. Eine Höhenänderung des Gegenstandes 28, beispielsweise die Flatterbewegung einer Materialbahn, deren Stärke gemessen werden soll, spielt dabei keine Rolle, da beispielsweise eine Verkürzung des Meßstrahlabschnittes 22 durch eine entsprechende Verlängerung des Meßstrahlabschnittes 42 ausgeglichen wird.

Temperatureinflüsse auf das Meßsystem heben sich ebenfalls heraus, da sie gleichmäßig den Meß- und Referenzstrahlengang betreffen. Das Meßsystem kalibriert

sich auch vor der Messung selbst. Dies wird durch den ringförmigen Strahlengang ermöglicht.

Fig. 2 zeigt eine etwas abgewandelte Ausführungsform der in Fig. 1 dargestellten Meßanordnung, wobei gleichwirkende Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Die Ausführungsform gemäß Fig. 2 unterscheidet sich von der Ausführungsform gemäß Fig. 1 im wesentlichen dadurch, daß der von der Lichtquelle 10 ausgehende Strahl über einen Umlenkspiegel 56 auf den Strahlteiler 20 gelenkt wird und daß der vom Strahlteiler 40 ausgehende vereinigte Strahl über einen Umlenkspiegel 58 in Richtung auf den Detektor 52 abgelenkt wird. Der einfallende Strahl und der austretende Strahl sind somit von dem ringförmigen Strahlengang des Meß- und Referenzstrahles getrennt.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels, bei dem der Strahlengang zum Teil durch Lichtleiter verläuft. Die mit den Ausführungsformen gemäß Fig. 1 und 2 übereinstimmenden Teile sind wieder mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Der von der Lichtquelle 10 ausgehende Lichtstrahl gelangt über eine erste Lichtleitfaser 60 zu einer Teilungsstelle 62, an der er in einen Referenzstrahl und einen Meßstrahl aufgespalten wird. Der Referenzstrahl gelangt durch einen Lichtleiter 64 und eine Linse 66 auf den hin- und herbewegten Spiegel 30, an dem er in den Lichtleiter 64 zurückreflektiert wird. Der Meßstrahl gelangt über einen Lichtleiter 68 und eine Linse 70 zu einem Spiegel 72 an dem er in Richtung auf die Meßfläche 26 gelenkt wird. Der an der Meßfläche 26 gestreute Meßstrahl gelangt über den Spiegel 72 und die Linse 70 zurück in den Lichtleiter 68. Meßstrahl und Referenzstrahl 64 treten an dem Teilungspunkt 62 gemeinsam in einen Lichtleiter 64 ein, der den Teilungspunkt 62 mit einem weiteren Teilungspunkt 76 verbindet, an den sich wiederum ein Lichtleiter 78 anschließt, der den Meßstrahl über eine Linse 80 und einen Umlenkspiegel 82 auf die zweite Meßfläche 44 lenkt. Von dort nimmt der Meßstrahl wieder den Weg zurück zu dem Punkt 76. Der Referenzstrahl gelangt über einen Lichtleiter 84 und eine Linse 86 zu einem Prisma 88, an dem er in den Lichtleiter 84 zurückreflektiert wird. Meßstrahl und Referenzstrahl gelangen von dem Punkt 76 über einen Lichtleiter 90 auf den Detektor 52. Als Lichtleiter werden Monomodefasern verwendet. Das Meßprinzip stimmt mit dem anhand der Fig. 1 beschriebenen Meßprinzip überein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur optischen Messung des gegenseitigen Abstandes zweier zueinander im wesentlichen paralleler Meßflächen (26, 44) eines Gegenstandes (28) durch Streulichtinterferenz mit Licht kurzer Kohärenzlänge, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein von einer Lichtquelle (10) ausgehender Lichtstrahl in einen Meßstrahl und einen Referenzstrahl unterteilt wird, daß der Meßstrahl auf eine erste Meßfläche (26) gerichtet und der an der ersten Meßfläche (26) gestreute Meßstrahl anschließend auf die zweite Meßfläche (44) gerichtet wird, daß der Referenzstrahl an mindestens einem Reflexionselement (30) in sich reflektiert und anschließend mit dem an der zweiten Meßfläche (44) gestreuten Meßstrahl wieder vereinigt wird, worauf der vereinigte Strahl auf einen Strahldetektor (52) gelenkt wird, wobei die Länge des Referenzstrahles zwischen dem Strahlteilungspunkt (20) und dem Strahlvereinigungs-

punkt (40) in einer Nullstellung des Reflexionselementes (30) gleich der Länge des Meßstrahles zwischen diesen Punkten zuzüglich dem Wert des zu messenden Abstandes ist, und daß das Reflexionselement (30) um seine Nullstellung parallel zur Einfallsrichtung des Referenzstrahles periodisch hin- und herbewegt wird.

2. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1 mit einer Lichtquelle (10) zur Erzeugung von Licht kurzer Kohärenzlänge, einer Fotodetektoranordnung (52) und einer Auswertereinheit (54), dadurch gekennzeichnet, daß sie einen sich an die Lichtquelle (10) anschließenden ersten Meßzweig (16) und einen mit der Detektoranordnung (52) verbundenen zweiten Meßzweig (34) umfaßt, dessen Abstand von dem ersten Meßzweig (16) größer als der gegenseitige Abstand der beiden Meßflächen (26, 44) ist, daß jeder Meßzweig (16) einen Strahlteiler (20, 40) zum Teilen des auf ihn einfallenden Lichtstrahles in einen zum Einfall auf die jeweilige Meßfläche (26, 44) bestimmten Meßstrahl und einen Referenzstrahl sowie ein Reflexionselement (30, 48) zum Reflektieren des jeweiligen Referenzstrahles umfaßt, wobei der Strahlengang für den Meßstrahl und den Referenzstrahl jeweils so gewählt ist, daß der Meßstrahl und der Referenzstrahl nach der Streuung bzw. Reflexion an der Meßfläche (26, 44) bzw. dem Reflexionselement (30, 48) im Strahlteiler (20, 40) vereinigt werden, daß eine Strahlumlenkeinrichtung (14, 36) vorgesehen ist, um den aus dem Strahlteiler (20) des ersten Meßzweiges (16) austretenden vereinigten Strahl dem zweiten Meßzweig (34) zuzuführen, daß die Strahlteiler (20, 40) und die Reflexionselemente (30, 48) beider Meßzweige (16, 34) und die Strahlumlenkeinrichtung (14, 36) relativ zueinander so angeordnet bzw. ausgebildet sind, daß die Länge des Referenzstrahles zwischen dem Teilungspunkt im Strahlengang des ersten Meßzweiges (16) und dem Vereinigungspunkt im Strahlengang des zweiten Meßzweiges (34) gleich der Länge des Meßstrahles zwischen diesen Punkten zuzüglich des Abstandes zwischen den Meßflächen (26, 44) ist, und daß eines der Reflexionselemente (30, 48) parallel zur Richtung des auf es einfallenden Referenzstrahles mittels eines Antriebes (32) periodisch hin- und herbewegbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßstrahlabschnitte (22, 42) in den beiden Meßzweigen (16, 34) kolinear zueinander auf die beiden Meßflächen (26, 44) gerichtet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang jedes Meßzweiges (16, 34) halbdurchlässige Spiegel (14, 36) so angeordnet sind, daß der Strahl von dem ersten Meßzweig (16) zum zweiten Meßzweig (34) umgelenkt wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlen in der Strahlumlenkeinrichtung und in mindestens einem Teil der beiden Meßzweige (16, 34) in Lichtleitern (60, 64, 68, 74, 90, 78, 84) geführt sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb (32) von einem mit dem Reflexionselement (30) gekoppelten piezoelektrischen Schwinger gebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang jedes Meßzweiges (16, 34) eine Fokussiereinrichtung (18, 38) angeordnet ist, um den Meßstrahl und den Referenzstrahl auf die Meßflächen (26, 44) bzw. das Reflexionselement (30) zu fokussieren.

5

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 2

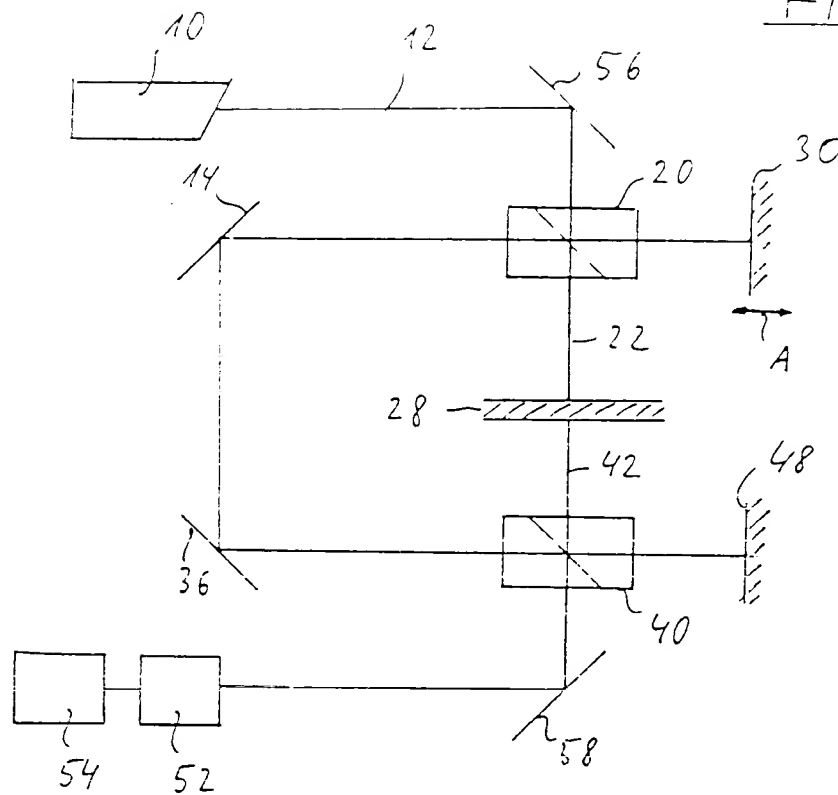


Fig. 3

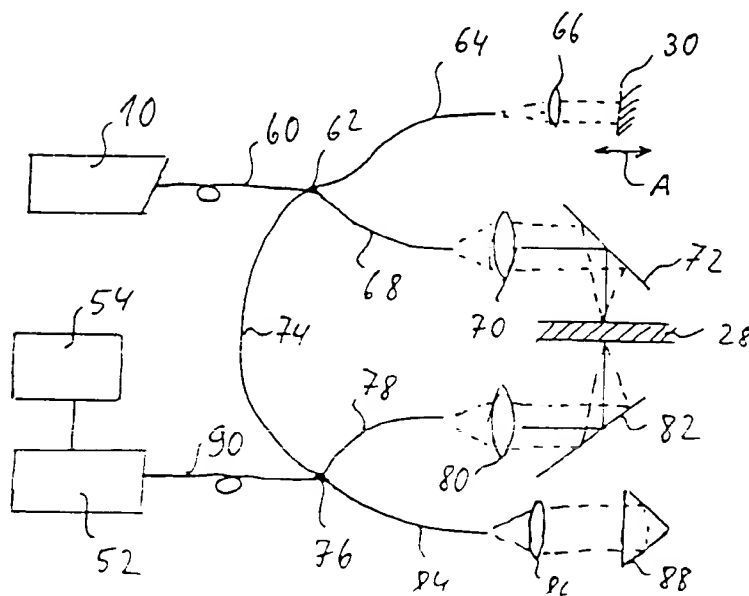


Fig. 1

